

چکیده

هدف کلی این پژوهش تخمین شار حرارتی اعمال شده بر دیواره کانال با جریان آشفته می باشد. روش مورد استفاده جهت تحلیل معکوس، روش گرادیان مزدوج همراه با مسئله الحاقی می باشد. در تحقیق پیش رو از مدل دو معادله‌ای $k - \omega$ جهت یافتن میدان جریان استفاده می شود. در این پژوهش، مسئله الحاقی جهت تحلیل معکوس انتقال حرارت در جریان آشفته سیال داخل کانال بسط و توسعه داده می شود. در اولین بخش از تحلیل معکوس، توابع پله‌ای شار حرارتی اعمال شده بر نیمه اول و نیمه دوم کانال به طور همزمان تخمین زده می شوند. هدف اصلی در این بخش، یافتن تعداد مناسب حسگرها در نیمه‌های اول و دوم از دیواره کانال و نیز بازه‌ای مطلوب بر روی دیواره جهت قرار گرفتن حسگرها می باشد. نتایج این بخش نشان می دهند که از میان حالات بررسی شده، تعداد ۱۲ عدد حسگر در اولین چارک از دیواره کانال و تعداد ۸ عدد حسگر در چهارمین چارک از دیواره کانال با فواصل یکسان بین حسگرها، قابل قبول ترین تخمین توابع پله‌ای اعمال شده بر دیواره کانال را منجر می شوند. به بیان ریاضیاتی بازه‌های مطلوب بر روی دیواره کانال را می توان به صورت $0 \leq L_{ideal1} \leq \frac{L}{4}$ و $\frac{3L}{4} \leq L_{ideal2} \leq L$ نوشت. در این وضعیت، مقادیر خطای جذر متوسط مربعات در نیمه‌های اول و دوم از دیواره کانال، از مقدار اولیه ۱ (با حدس اولیه صفر برای شارهای حرارتی مجهول) به ترتیب به مقادیر ۰/۱۲۵۹ و ۰/۱۵۴۴ کاهش می یابند. در دومین بخش از تحلیل معکوس، توابع مثلثی و سینوسی شار حرارتی اعمال شده بر نیمه اول و نیمه دوم کانال جهت طراحی آزمایش‌های بهینه به طور همزمان تخمین زده می شوند. اهداف اصلی در این بخش، بررسی اثر تعداد کل گام‌های زمانی به کاررفته در تحلیل معکوس بر معیار مربوط به طراحی آزمایش‌های بهینه به ازای NOT_h های مختلف و نیز بررسی اثر تعداد کل گام‌های زمانی به کاررفته در تحلیل معکوس بر معیار مربوط به طراحی آزمایش‌های بهینه به ازای نحوه مختلف چیدمان حسگرها می باشند. NOT_h ، بیانگر تعداد گام‌های زمانی که صرف حرارت دادن به دیواره می گردد، می باشد. نتایج بررسی اثر تعداد کل گام‌های زمانی به کاررفته در تحلیل معکوس بر معیار مربوط به طراحی آزمایش‌های بهینه به ازای NOT_h های مختلف نشان می دهند که در حالتیکه NOT_h برابر با ۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ در نظر گرفته می شود، بهینه ترین آزمایش‌ها زمانی طراحی می شوند که تعداد کل گام‌های زمانی به کاررفته در تحلیل معکوس به ترتیب برابر با ۱۷، ۱۷، ۲۵ و ۲۷ شوند. نتایج این بخش نشان می دهند که می توان با کمتر در نظر گرفتن تعداد کل گام‌های زمانی (مقرون به صرفه تر کردن اجرای آزمایش معکوس) آزمایش معکوس بهینه تری را طراحی نمود. نتایج بررسی اثر تعداد کل گام‌های زمانی به کاررفته در تحلیل معکوس بر معیار مربوط به طراحی آزمایش‌های بهینه به ازای نحوه مختلف چیدمان حسگرها نشان می دهند که در تحقیق حاضر، توزیع غیریکنواخت حسگرها بر روی دیواره، بهینه ترین آزمایش معکوس را منجر می شود. در حقیقت اگر در پژوهش حاضر در هر نیمه از کانال تعداد ۱۶ عدد حسگر با فاصله ۰/۰۵ متری از یکدیگر در ابتدای نیمه اول کانال و انتهای نیمه دوم کانال قرار داده شوند، قادر به طراحی آزمایش معکوس بهینه تری می باشیم.

کلیدواژه: جریان آشفته، تحلیل معکوس، روش گرادیان مزدوج، تخمین شار حرارتی

Abstract

The main purpose of this study is to estimate the heat flux applied to the wall of a channel with turbulent flow. For inverse analysis, conjugate gradient method with adjoint problem is utilised. In order to find out the flow field, *SST* $k - \omega$ two equation model is used in the present research. In the present study, adjoint problem is developed in order to conduct an inverse analysis of heat transfer in a channel turbulent fluid flow. In the 1st section of the inverse analysis, heat flux step functions applied to the 1st and 2nd halves of the channel's wall are estimated simultaneously. The main purpose of this section is to find suitable number of sensors at each half of the channel's wall and an appropriate space on the wall for locating the sensors. The results of this section show that amongst the examined cases, 12 sensors at the 1st quarter and 8 sensors at the 4th quarter of the channel's wall with equal distance between the sensors lead to the most acceptable estimation of step functions applied to the wall. Appropriate spaces on the channel's wall could be mathematically defined as $0 \leq L_{ideal_1} \leq \frac{L}{4}$ and $\frac{3L}{4} \leq L_{ideal_2} \leq L$. In this case, root-mean-square errors at the 1st and 2nd halves of the wall are reduced from the initial values 1 (considering zero as an initial guess for unknown heat fluxes) to 0.1259 and 0.1544 respectively. In the 2nd section of the inverse analysis, heat flux triangular and sinusoidal functions applied to the 1st and 2nd halves of the channel's wall are estimated simultaneously in order to design optimum experiments. The main purposes of this section are to examine the effect of the total number of time steps used in the inverse analysis on the criterion of the design of optimum experiments for different values of NoT_h and different sensors' arrangement manners. NoT_h denotes the number of time steps spent heating the wall. The results of examining the effect of the total number of time steps used in the inverse analysis on the criterion of the design of optimum experiments for different values of NoT_h indicate for NoT_h equal to 6, 10, 14 and 18, the number of total time steps should be 17, 17, 25 and 27 respectively in order to design the most optimum experiments. The results of this section show that we can design more optimum inverse experiment in spite of considering total number of time steps less (the implementation of the inverse experiment could be more economical). The results of examining the effect of the total number of time steps used in the inverse analysis on the criterion of the design of optimum experiments for different sensors' arrangement manners indicate that in the present research, non-uniform distribution of the sensors on the wall leads to the most optimum inverse experiment. In fact if in the present study, 16 sensors at each half of the channel with 0.005m space between each sensor are placed at the beginning of the 1st half and at the end of the 2nd half of the channel, it is possible to design more optimum inverse experiment.

Keywords: Turbulent flow, Inverse analysis, Conjugate gradient method, Heat flux estimation